ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ANTENAS

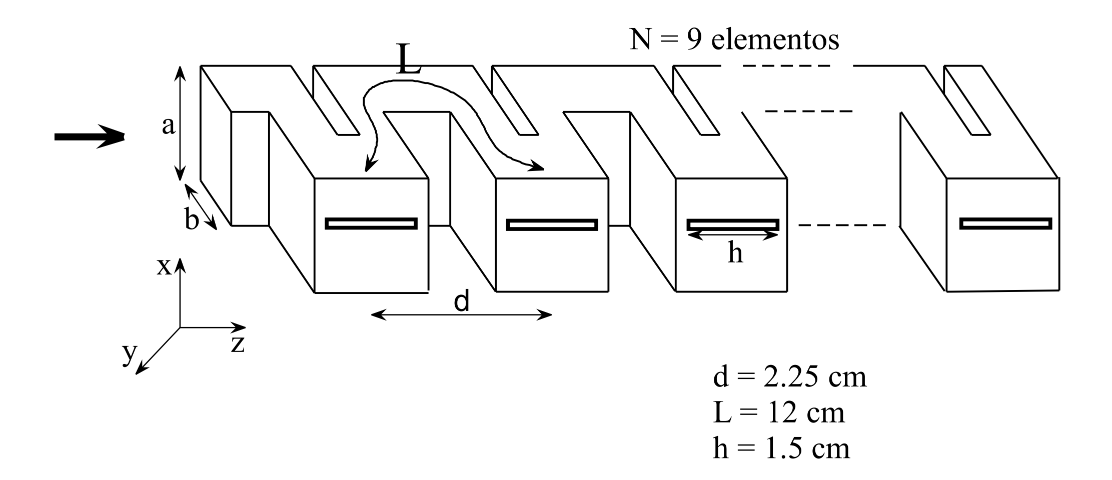
- Duración : 2 horas — 20 de abril de 2004

PROBLEMA 1

La antena de la figura es un array de barrido en frecuencia formado por 9 ranuras en una guía en forma de meandro. Esta antena puede modificar el apuntamiento del haz variando la frecuencia de trabajo de la onda que circula por la guía. Las dimensiones de la guía son $a \times b$ = 2.286 x 1.016 cm y por ella se propaga el modo TE_{10}. Suponga que las ranuras están débilmente acopladas, por lo que se puede suponer que el array es uniforme en amplitud. La guía está terminada en una carga adaptada y la frecuencia de trabajo es f_0=10 Ghz.

a) Obtenga el campo producido por una ranura corta (longitud h) aislada. Dibuje sus diagramas plano E y plano H. (1 punto)
b) Obtenga el espaciado eléctrico d/λ y el desfase entre los elementos del array a la frecuencia f_0. Indique en qué dirección del espacio apunta el máximo del array. (1 punto)
c) Considerando ahora el array de 9 elementos , obtenga el campo radiado y dibuje los diagramas plano E y plano H, incluyendo el efecto de la ranura, a la frecuencia de trabajo f_0. (2 puntos)
d) Obtenga el apuntamiento del máximo del haz para las frecuencias 9 Ghz y 11 Ghz. (2 puntos)
e) Dibuje el diagrama de radiación plano H a estas frecuencias. (1 punto)
f) Calcule cuánto se puede desapuntar el haz como máximo, sin que aparezcan lóbulos de difracción. Para este apartado puede suponer que el espaciado eléctrico entre elementos, d/λ, no varía respecto al que habría a f_0. Indique para qué frecuencia se obtiene el desplazamiento máximo calculado. (3 puntos)

$$\lambda_g = \lambda / \sqrt{1-\left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2}$$



d = 2.25 cm
L = 12 cm
h = 1.5 cm

Solución al problema 1

a) Una ranura corta de anchura w iluminada con un campo E_0 tiene una distribución de tensión

$$V(z) = V_0\left(1 - 2\frac{|z|}{h}\right), \text{ siendo } V_0 = -E_0 w$$

El vector de radiación es $\vec{L} = 2hV_0\hat{z}$, y el vector potencial, $\vec{F} = \frac{\varepsilon}{4\pi}\frac{e^{-jkr}}{r}2hV_0\,\hat{z}$.

Por tanto el campo radiado por la ranura aislada se puede expresar como $\vec{E}_{ranura} = E_\phi\hat{\phi} = -j\omega\eta F_z \,\text{sen}\,\theta\;\hat{\phi}$

A la vista de la expresión del campo el diagrama plano E de la ranura corta es igual al diagrama plano H del dipolo corto (omnidireccional) mientras que el diagrama plano H de la ranura coincide con el diagrama plano E del dipolo.

b) a la frecuencia de trabajo, $\lambda_0 = \frac{30}{f_0(GHz)} = 3$ cm.

El espaciado eléctrico es $d/\lambda_0 = 0.75$.

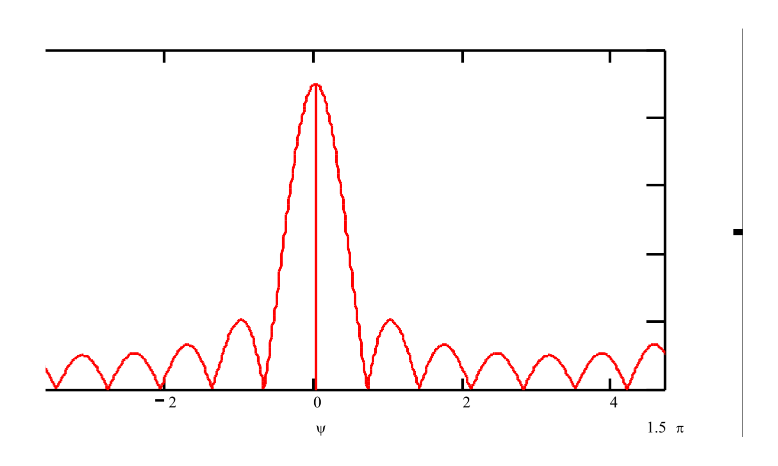
El desfase entre elementos $\alpha_0 = -k_g L = -6\pi = 0$. Ya que $\lambda_g = 3.975$ cm.

El array apunta por tanto en la dirección broadside, que en este caso es el eje Y ($\theta=\pi/2$, $\phi=\pi/2$).

c) El campo total se obtiene como producto del campo de una ranura por el factor de array

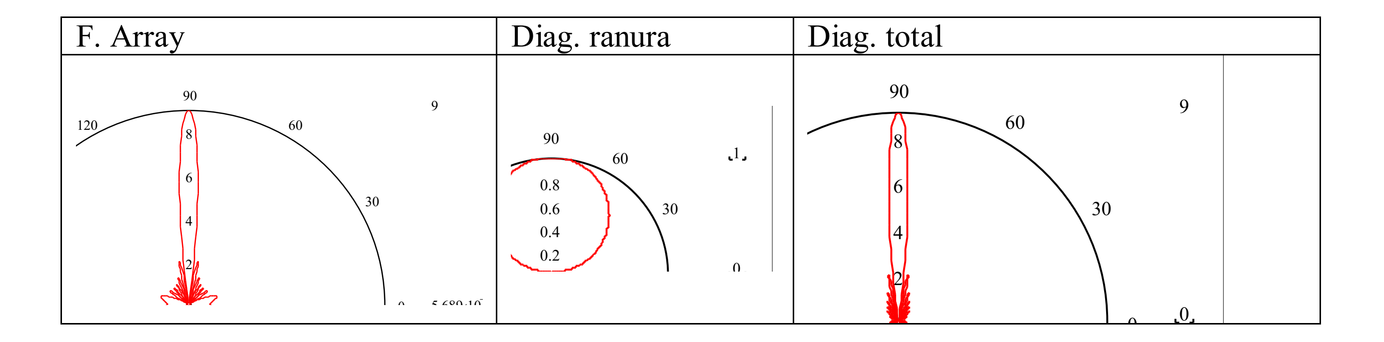
$$\vec{E} = \vec{E}_{ranura}FA(\psi_z),\; FA(\psi_z) = \frac{\text{sen}\left(9\frac{\psi_z}{2}\right)}{\text{sen}\left(\frac{\psi_z}{2}\right)},\quad \psi_z = kd\cos\theta + \alpha$$

El margen visible es $[-k_0 d, k_0 d] = \left[-\frac{3}{2}\pi, \frac{3}{2}\pi\right]$



El diagrama plano E es omnidireccional en el semiespacio y>0. Asumimos que la radiación hacia atrás es nula.

En cuanto al diagrama plano H (plano YZ), lo obtenemos como producto de los diagramas de la ranura y el factor de array:

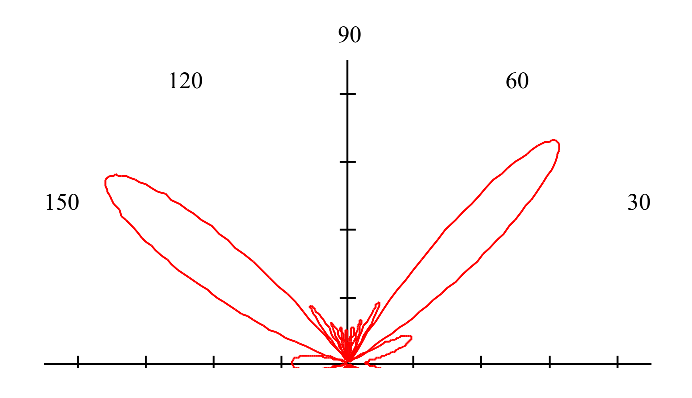


d) A la frecuencia $f_1 = 9$ GHz, $\lambda_1 = 3.33$ cm, y $\lambda_{g1} = 4.86$ cm. Por tanto $\alpha_1 \cong \pi$
A la frecuencia $f_2 = 11$ GHz, $\lambda_2 = 2.73$ cm, y $\lambda_{g2} = 3.4$ cm. Por tanto $\alpha_2 \cong -\pi$

El apuntamiento se calcula haciendo $0 = kd\cos\theta_{max} + \alpha$

Para α_1 el apuntamiento resulta $\theta_{max\,1} = 137^o$
Para α_2 el apuntamiento resulta $\theta_{max\,2} = 52^o$

e) El margen visible a la frecuencia f_1 es $[-k_1 d + \alpha_1, k_1 d + \alpha_1] = [-0.35\pi, 2.35\pi]$, mientras que para f_2 es $[-2.65\pi, 0.65\pi]$. En ambos casos los diagramas son muy similares ya que el margen visible está centrado en $\pm\pi$ y abarca aproximadamente lo mismo. La gráfica adjunta muestra el FA, antes de multiplicarlo por el diagrama de la ranura, a la frecuencia f_1.



f) Si se quiere evitar que aparezcan lóbulos de difracción en el diagrama de radiación, el margen visible no debe alcanzar valores $\psi = \pm 2\pi$. Como criterio vamos a escoger que el extremo del margen visible no rebase el nulo anterior al lóbulo de difracción. Es decir, en este caso $kd + \alpha \leq 2\pi - \frac{2\pi}{9}$.

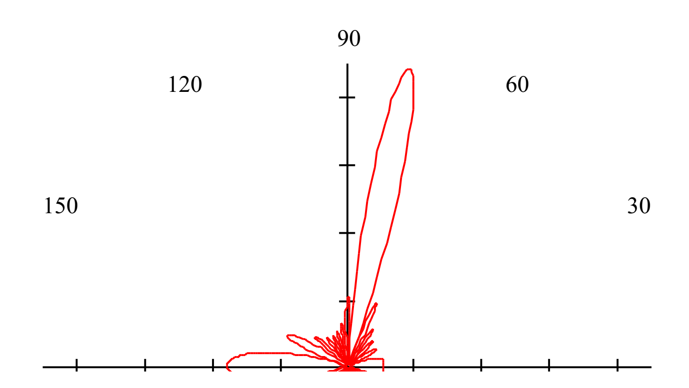
NOTA: Es igualmente aceptable considerar otros criterios menos restrictivos, como por ejemplo $kd + \alpha \leq 2\pi$ ya que el lóbulo de difracción que aparecería en este caso se cancela con el nulo que presenta la ranura en esa dirección

Despejando podemos concluir que el valor máximo para alfa es justamente $|\alpha| \leq \left(2\pi - \frac{2\pi}{9}\right) - kd \cong 0.3\pi$

Con este valor para el desfase el apuntamiento es $\theta_{max} = \cos^{-1}\left(\frac{\pm 0.3\pi}{k_0 d}\right) = \begin{cases} 78^{o} \\ 101^{o} \end{cases}$

Para calcular la frecuencia necesaria para obtener el apuntamiento a 78º actuamos a la inversa que en el apartado d).

Dado que $\alpha = -k_g L$, despejamos el valor de $\lambda_g = 3.8$ cm. Y a su vez obtenemos λ en función de λ_g, $\lambda = \frac{\lambda_g}{\sqrt{1+\left(\frac{\lambda_g}{2a}\right)^2}} = 2.92$. La frecuencia es por tanto f_s=10.26 GHz



En la dirección de 180º aparece un lóbulo y no un nulo como habíamos impuesto debido a la aproximación inicial de usar $k_0 d$ en lugar de usar $k_s d$ a la frecuencia f_s.

Para obtener la frecuencia asociada al apuntamiento a 101º se procede de manera análoga.